

UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA

FACULTAD DE CIENCIAS Y FILOSOFÍA

“ALBERTO CAZORLA TALLERI”



**BLEND DE ACEITE DE PESCADO REFINADO Y ACEITE DE
SACHA INCHI**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TITULO
PROFESIONAL DE LICENCIADA EN QUIMICA**

Isabel Carla Andamayo Bardales

Asesora:

Msc. Graciela Untiveros Bermúdez

Lima – Perú

2021

ASESORA

MSc. Graciela Untiveros Bermúdez

Sección Química

Departamento de Ciencias Exactas

REVISORES

Lic. Enrique Guzmán Lezama

MSc. Alberto Barrenechea Pastor

**A Dios y a la Vida
por su infinito amor,
por permitirme disfrutar
de tantas cosas.**

AGRADECIMIENTOS

La culminación de esta tesis fue posible gracias al apoyo de varias personas que creyeron en mí y siempre me apoyaron, expreso estas líneas como símbolo de mi infinita gratitud.

- A mi familia por su infinito amor, cariño y aprecio, por hacer mi vida más bonita y por su apoyo contante.
- A Norma, mi mamá, de quien admiro su fortaleza, gracias por creer siempre en mí.
- A MSc. Graciela Untiveros, mi asesora de tesis, por sus consejos, cariño y constante apoyo durante la realización de la tesis.
- A mí por nunca dejar de soñar, por siempre creer en el “sí se puede” y por todo lo logrado.
- A la vida, por haberme dado tanto y por permitirme vivir y disfrutar muchas cosas.
- A Juanita, mi adorada prima, por haber sido más que una hermana para mí, por siempre escucharme y por haber apoyado cada aventura mía.
- A Rosa, mi tía, por su inmenso cariño y aprecio.
- A Miguel, por su constante apoyo durante la tesis y por los gratos momentos compartidos.
- A Juana y Mario, mis abuelos, por su infinito amor.
- A Miguel, Tefy, Junior a Kevin, mis compañeros de pregrado por tantos momentos compartidos durante la carrera, por su amistad y por su contante apoyo.

RESUMEN

Los ácidos grasos poliinsaturados omega-3, presentan un efecto positivo en la salud cardiovascular y son esenciales en la nutrición humana para el crecimiento, desarrollo cerebral y la buena salud. Los principales tipos de omega-3 son el ácido eicosapentaenoico (EPA), el ácido docosahexaenoico (DHA) y el ácido alfa-linolénico, (ALA). El EPA y el DHA provienen principalmente de fuentes marinas y el ALA de fuentes vegetales.

La anchoveta es un recurso hidrobiológico abundante en nuestro mar, esta especie posee grandes cantidades de EPA y DHA. Lastimosamente su consumo no es bien aprovechado por la población principalmente debido a la falta de conocimiento sobre los beneficios que trae a nuestra salud y también a que el 98 % de la pesca industrial se destina a la producción de harina y aceite de pescado. Las semillas del Sacha Inchi poseen un alto contenido de vitamina E (antioxidante natural) además de ácidos grasos omega 3, 6 y 9, entre los que destaca el ALA.

Este trabajo tiene como objetivo elaborar una mezcla proporcional de aceite de pescado refinado y aceite de Sacha Inchi con la finalidad de aprovechar sus componentes nutricionales, de esta forma se estaría cumpliendo con uno de los objetivos del área de I+D de una pesquera que es usar aceite de pescado para elaborar productos enriquecidos con EPA y DHA que estén al alcance de la población.

Los análisis fisicoquímicos (índice de acidez, índice de peróxidos, índice de refracción, índice de iodo, densidad y color Gardner), el perfil de ácidos grasos, la vitamina E y la estabilidad oxidativa se realizaron tanto a los aceites puros como a los blends, analizando los resultados se escogió la muestra 4 como blend óptimo por presentar 25.66% de EPA, 18.80 % de DHA, 13.78 % de ALA y un tiempo de vida útil de 29.98 días, se le adiciono un antioxidante artificial con la finalidad de alargar su tiempo de vida útil logrando extenderlo a 120.8 días.

Palabras claves: Aceite de pescado, Aceite de Sacha Inchi, DHA, EPA, Ácidos Grasos y vitamina E

ABSTRACT

Omega-3 polyunsaturated fatty acids have a positive effect on cardiovascular health and are essential in human nutrition for growth, brain development and good health. The main types of omega-3s are eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) and alpha-linolenic acid, (ALA). EPA and DHA come mainly from marine sources and ALA from plant sources.

The anchovy is a hydrobiological resource abundant in our sea, this species has large amounts of EPA and DHA. Unfortunately, its consumption is not well used by the population mainly due to the lack of knowledge about the benefits it brings to our health and also because 98% of industrial fishing is used for the production of fish meal and fish oil. Sacha inchi seeds have a high content of vitamin E (natural antioxidant) as well as omega 3, 6 and 9 fatty acids, among which ALA stands out.

The objective of this work is to elaborate a proportional mixture of refined fish oil and sachal inchi oil in order to take advantage of its nutritional components, in this way it would be fulfilling one of the objectives of the R&D area of a fishery that is use fish oil to make products enriched with EPA and DHA that are available to the population.

Physicochemical analyzes (acid number, peroxide index, refractive index, iodine index, density and Gardner color), the fatty acid profile, vitamin E and oxidative stability were carried out on both pure oils and blends. Analyzing the results, sample 4 was chosen as the optimal blend for having 25.66% EPA, 18.80% DHA, 13.78% ALA and a useful life of 29.98 days, an artificial antioxidant was added in order to extend its useful lifetime being able to extend it to 120.8 days.

Keys Words: Fish oil, Sacha Inchi oil, DHA, EPA, Fatty acid y vitamin E

INDICE

| | |
|--|----|
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 5 |
| 2.1 Aceite de Pescado Refinado | 5 |
| 2.2 Aceite de Sacha Inchi | 5 |
| 2.3 Ácido Eicosapentaenoico (EPA) y Ácido Docosahexaenoico (DHA) .. | 6 |
| 2.4 Ácido α-linolenico (ALA) | 7 |
| 2.5 Ácido Linoleico (LA) | 8 |
| 2.6 Vitamina E | 9 |
| 2.7 Antioxidantes artificiales (BHT y BHA) | 10 |
| III. OBJETIVOS | 12 |
| 3.1 Objetivo General | 12 |
| 3.2 Objetivos Específicos | 12 |
| IV. METODOLOGÍA | 14 |
| 4.1 Muestras | 14 |
| 4.2 Equipos | 14 |
| 4.3 Materiales | 15 |
| 4.4 Reactivos | 15 |
| 4.5 Análisis Físicoquímicos | 16 |
| 4.5.1 Índice de Acidez | 16 |
| 4.5.2 Índice de Peróxidos | 17 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.5.3 | Índice de Refracción | 18 |
| 4.5.4 | Índice de Iodo..... | 18 |
| 4.5.5 | Densidad..... | 19 |
| 4.5.6 | Color Gardner | 20 |
| 4.6 | Perfil de Ácidos Grasos..... | 20 |
| 4.6.1 | Preparación de esteres metílicos | 20 |
| 4.6.2 | Cromatografía de Gases | 21 |
| 4.7 | Determinación de Vitamina E | 22 |
| 4.8 | Estabilidad Oxidativa | 22 |
| 4.8.1 | Índice de estabilidad oxidativa | 22 |
| 4.8.2 | Tiempo de vida a 25 °C..... | 23 |
| 4.9 | Preparación de mezclas proporcionales (Blends) | 23 |
| 4.10 | Adición de antioxidantes..... | 24 |
| V. | RESULTADOS | 25 |
| 5.1 | Aceite de Pescado Refinado y Aceite de Sacha inchi | 25 |
| 5.1.1 | Análisis Físicoquímicos..... | 25 |
| 5.1.2 | Perfil de Ácidos Grasos..... | 25 |
| 5.1.3 | Determinación de vitamina E..... | 26 |
| 5.1.4 | Estabilidad oxidativa | 26 |
| 5.2 | Blends | 26 |
| 5.2.1 | Análisis Físicoquímicos..... | 26 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.2.2 | Perfil de Ácidos Grasos..... | 27 |
| 5.2.3 | Determinación de vitamina E..... | 27 |
| 5.2.4 | Estabilidad oxidativa | 27 |
| 5.2.5 | Estabilidad oxidativa del blend óptimo con adición de antioxidante..... | 28 |
| VI. | DISCUSIÓN..... | 29 |
| 6.1 | Resultados de los análisis del Aceite de Pescado Refinado y del Aceite de Sacha Inchi..... | 29 |
| 6.2 | Resultados de los análisis de los blends..... | 32 |
| VII. | CONCLUSIONES | 35 |
| VIII. | RECOMENDACIONES..... | 36 |
| IX. | BIBLIOGRAFIA | 37 |
| X. | ANEXOS | 39 |

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

| | |
|------------|--|
| EPA | Ácido Eicosapentaenoico |
| DHA | Ácido Docosahexaenoico |
| ALA | Acido α -linolenico |
| LA | Ácido linoleico |
| BHA | Butihidroxianisol |
| BHT | Butihidroxitolueno |
| APR | Aceite de Pescado Refinado |
| ASI | Aceite de Sacha Inchi |
| NPO | Normas de Procedimientos Operacionales |
| NTP | Norma Técnica Peruana |
| I+D | Investigación y Desarrollo |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Estructura del ácido eicosapentaenoico (EPA) | 6 |
| Figura 2. Estructura del ácido docosahexaenoico (DHA) | 7 |
| Figura 3. Estructura del ácido α -linolenico (ALA) | 8 |
| Figura 4. Estructura del ácido linoleico (LA) | 9 |
| Figura 5. Estructura del α -tocoferol | 10 |
| Figura 6. Estructura del butilhidroxianisol (BHA) | 11 |
| Figura 7. Estructura del butilhidroxitolueno (BHT) | 11 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Mezclas proporcionales de aceites. | 23 |
| Tabla 2. Análisis fisicoquímicos en aceites. | 25 |
| Tabla 3. Perfil de ácidos grasos en aceites. | 25 |
| Tabla 4. Porcentaje de vitamina E en aceite de Sacha Inchi. | 25 |
| Tabla 5. Tiempo de vida útil en aceites en porcentajes. | 26 |
| Tabla 6. Análisis fisicoquímicos de los blends. | 26 |
| Tabla 7. Perfil de ácidos grasos en los blends. | 27 |
| Tabla 8. Porcentaje de vitamina E en los blends. | 27 |
| Tabla 9. Tiempo de vida útil en los blends en porcentajes. | 27 |
| Tabla 10. Tiempo de vida útil del blend optimo con adición de antioxidante. | 28 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Anchoveta Peruana (<i>Engraulis Rigens</i>) | 39 |
| Anexo 2. Planta de Sacha Inchi (<i>Plukenetia volubilis L.</i>) | 39 |
| Anexo 3. Semillas de Sacha Inchi (<i>Plukenetia volubilis L.</i>) | 39 |
| Anexo 4. Aceite de Pescado Refinado | 40 |
| Anexo 5. Características del Aceite de Pescado Crudo y Aceite de Pescado Refinado | 40 |
| Anexo 6. Aceite de Sacha Inchi | 41 |
| Anexo 7. Características del Aceite de Sacha Inchi | 41 |
| Anexo 8. Proceso de obtención de Aceite de Pescado | 42 |
| Anexo 9. Proceso de refinación del Aceite de Pescado | 43 |
| Anexo 10. Proceso de obtención de Aceite de Sacha Inchi | 44 |
| Anexo 11. Colorímetro Gardner Lovibond – 254 | 44 |
| Anexo 12. Cromatógrafo de Gases acoplado al detector FID (Scion- Instrument 436- GC) | 45 |
| Anexo 13. Cromatógrafo HPLC Varían (Walnut Creek, USA), modelo 210 | 45 |
| Anexo 14. Equipo Rancimat Metrohm – 473 | 46 |
| Anexo 15. Principio del método Rancimat | 46 |
| Anexo 16. NPO (Normas de Procedimientos Operacionales) de calidad para el aceite de pescado refinado | 47 |
| Anexo 17. NTP (Normas Técnica Peruana) 151.401:2012 Aceite de Sacha Inchi | 47 |

I. INTRODUCCIÓN

Perú es el principal exportador de harina y aceite de pescado a nivel mundial, gracias a la gran cantidad anchoveta (*Engraulis Rigens*) que abunda en nuestro mar (1), esta especie posee un alto contenido de ácidos grasos polinsaturados omega-3 de cadena larga, principalmente EPA y DHA, estos ácidos son esenciales para la nutrición y alimentación humana. Miles de estudios alrededor del mundo demuestran el impacto positivo de estos ácidos en la reducción de enfermedades cardiovasculares, reducción de la obesidad, mejora del desarrollo cerebral, la buena salud visual y el manteniendo la salud mental (2).

La dosis diaria de EPA y DHA recomendada por diferentes instituciones de salud a nivel mundial es de 250 a 500 mg, esta dosis puede variar en casos específicos como en mujeres en estado de gestación o en periodo de lactancia de 500 a 700 mg, en adultos con enfermedades cardiacas de 600 a 700 mg y en niños de 300 a 500 mg. El EPA y DHA se puede consumir directamente al consumir pescados y mariscos ricos en omega-3 como Anchoveta, Trucha, Salmon, Camarones o Caballa o indirectamente al consumir productos que contengan de forma añadida EPA y DHA como capsulas, suplementos dietéticos o alimentos funcionales (3).

En Perú la única especie permitida para la producción de harina y aceite de pescado a escala industrial es la anchoveta, es por eso que cerca del 98 % de la pesca industrial de esta especie se destina a la producción de estos productos. La producción global de aceite de pescado es de 1 millón de toneladas aproximadamente al año y Perú produce cerca del 20% de esta producción. El aceite de pescado crudo contiene aproximadamente 28 % de EPA y DHA, la

industria nutracéutica, refina y concentra este aceite hasta obtener altos niveles de EPA y DHA, que luego son usados para formular suplementos dietéticos o alimentos funcionales (4).

A pesar de ser una especie que abunda en nuestro mar el consumo de la anchoveta es casi nulo en nuestro país, debido al desconocimiento que tiene la población a cerca de los beneficios que trae su consumo para nuestra salud; también debido a que en el mercado no es fácil encontrar anchoveta y solo algunos supermercados lo venden como enlatados a precios elevados; pero el factor principal es que la mayor parte de esta especie se destina a la producción industrial de harina y aceite que finalmente son exportados principalmente a china y en el caso del aceite regresa después de haber pasado por distintos procesos con un precio mucho mayor, todo esto genera que la población no tenga fácil acceso a esta especie ni a sus componentes nutricionales (5).

Las pesqueras producen harina de alta calidad con alto contenido proteico y aceite con alto contenido de ácidos grasos Omega 3 (EPA y DHA). Se preocupan por preservar las características nutricionales de la materia prima, elaborando sus productos mediante procesos controlados y usando tecnologías amigables con el medio ambiente, el proceso total incluye análisis de la materia prima, cocción, prensado, secado indirecto y molienda para obtención de la harina; filtrado y centrifugado para la obtención del aceite (6). (Anexo 8)

El aceite de Sacha Inchi es una fuente vegetal rica de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 (ALA) y omega-6 (LA), estos ácidos son esenciales para el organismo ya que ofrecen múltiples beneficios para la salud y la

nutrición, también posee un alto contenido de vitamina E que es un antioxidante natural (7).

En el mercado local no existe aceite de pescado crudo para consumo doméstico debido a que es muy inestable y tiende a oxidarse rápido además de poseer un intenso color, olor y sabor, es por eso que para la formulación de este blend se planteó usar aceite de pescado refinado ya que este ha pasado por un proceso de refinación y concentración de ácidos grasos por ende su color, olor y sabor es más aceptado, la idea de mezclarlo con Aceite de Sacha Inchi es aprovechar sus componentes nutricionales y para evitar la oxidación de los ácidos grasos se planteó adicionar BHT + BHA que es un antioxidante sintético logrando así extender su tiempo vida útil.

Existe una constante preocupación por parte de las personas en consumir productos que ayuden a prevenir ciertas enfermedades, mejoren el desarrollo cerebral y contribuyan con la buena salud, además de que no existe en el mercado aceite de pescado para consumo doméstico, con estos antecedentes se propuso crear un blend que reúna dos fuentes naturales ricas en ácidos grasos omega-3 (especialmente EPA, DHA y ALA) además de aportar otros beneficios como los antioxidantes presentes en el Aceite Sacha Inchi con la finalidad de convertirlo en un ingrediente de nuestra cocina y de esta forma incluirlo en nuestra dieta diaria (3) (8).

Como profesional de la carrera de Química es de vital importancia tener los conocimientos y habilidades desarrolladas durante las prácticas de laboratorio de los diferentes cursos, lo que genera experiencia en el uso de los diferentes

equipos que se usan en la industria y también en la participación en el área de investigación y desarrollo que permite la innovación constante y la solución a diversos problemas presentes en la industria.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Aceite de Pescado Refinado

El aceite de pescado refinado se obtiene tras un proceso de neutralización, decoloración, desodorizado y concentrado de ácidos grasos del aceite crudo, que se obtiene de la producción a escala industrial de harina y aceite de pescado. El aceite de pescado crudo contiene en promedio 18% de EPA y 10% de DHA y posee un sabor, olor (característico a pescado) y color (marrón) muy intenso que muchas personas no pueden tolerar, para modificar estas características este aceite pasa por un proceso de refinación logrando así un sabor, olor (imperceptibles) y color (amarillo claro) más aceptado por la población y aumentando su contenido promedio de EPA y DHA a 40% y 30% respectivamente. Este aceite es beneficioso para el correcto funcionamiento del sistema cardiaco e inmunológico y para el desarrollo cerebral, debido a que posee vitamina A (retinol) y D, pero principalmente por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 (EPA y DHA). Se usa en la industria alimentaria para la elaboración de suplementos dietético como alimentos y bebidas funcionales, productos farmacéuticos y fórmulas infantiles (3).

2.2 Aceite de Sacha Inchi

El Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*) conocida también como “maní inca” u “oro inca” es una planta trepadora y semileñosa nativa de la amazonia, en Perú se encuentra en las regiones de San Martín, Loreto y Ucayali. Sus semillas que miden de 3 a 5 cm y cambian de verde a marrón al madurar

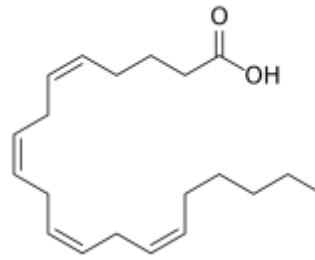
contienen en promedio 48% de aceite, este aceite es una fuente vegetal rica en ácidos grasos contiene aproximadamente 48 % de omega 3, 36% de omega 6 y 8 % de omega 9 entre los que destacan el ácido α -linoleico (ALA) y ácido linoleico (LA), además, de poseer un alto contenido de vitamina E y aminoácido esenciales. El aceite de Sacha Inchi ayuda a tonificar el corazón regulando el colesterol malo en la sangre, fortalece el sistema inmunológico, revitaliza e hidrata la piel, mejora el funcionamiento del sistema digestivo y fortifica los huesos. Es usado como ingrediente en la elaboración de aceites para consumo directo (9).

2.3 Ácido Eicosapentaenoico (EPA) y Ácido Docosahexaenoico (DHA)

Ácidos grasos polinsaturados de cadena larga con número par de átomos de carbono y un grupo carboxilo, pertenecientes a la familia de los omega-3 son sintetizados por algas y plantas marinas que luego son consumidas por diferentes especies (2).

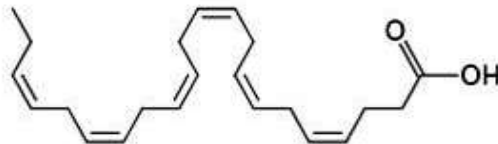
El EPA presenta efectos antiinflamatorios, evita enfermedades cardiovasculares reduciendo el nivel de los triglicéridos, ayuda a combatir los trastornos neuropsiquiátricos como la esquizofrenia, bipolaridad y la depresión y protege a la piel de la radiación UV, evitando el fotoenvejecimiento y la fotocarcinogénesis (10).

Figura 1. Estructura del ácido eicosapentaenoico (EPA)



El DHA tiene efectos positivos en el sistema nervioso retardando el Alzheimer (es un ácido estructural del cerebro), ayuda a la salud visual manteniendo la visión aguda y el ojo lubricado, y evita enfermedades cardiovasculares aumentando las concentraciones de lipoproteínas de alta densidad (HDL) y reduciendo el nivel de los triglicéridos en la sangre.

Figura 2. Estructura del ácido docosahexaenoico (DHA)



2.4 Ácido α -linolenico (ALA)

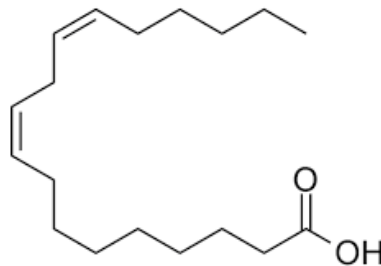
Ácido graso polinsaturado formado por una cadena de 18 carbonos y un grupo carboxilo, se encuentra formando parte de las membranas celulares, pertenece a la familia de los omega-3 y es considerado esencial debido a que el organismo no lo sintetiza teniendo que ser ingerido mediante la dieta. Presenta tres rutas metabólicas el almacenamiento en el tejido adiposo, la β -oxidación y la conversión a EPA y DHA tras una elongación y de saturación.

Al consumir ALA en grandes cantidades, este se almacena en el tejido adiposo, depositándose más en mujeres que en hombres. El porcentaje de conversión de ALA a EPA y DHA en nuestro cuerpo es extremadamente bajo generalmente menos de 1% de ALA

Este ácido se encuentra principalmente en los aceites vegetales o en frutos secos.

El ALA presenta efectos cardioprotectores y neuroprotectores, reduce los niveles de colesterol en sangre, regula la presión arterial, presenta actividad antitrombótica y vasodilatadora (11).

Figura 3. Estructura del ácido alfa-linolenico (ALA)



2.5 Ácido Linoleico (LA)

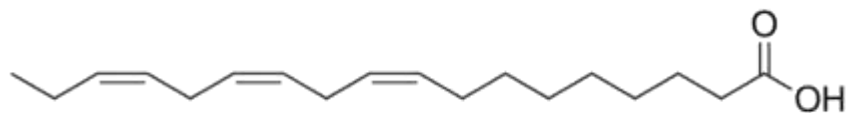
Ácido graso polinsaturado formado por una cadena de 18 carbonos con dos enlaces dobles y un grupo carboxilo, considerado ácido graso esencial debido a que el organismo no puede sintetizarlo siendo que ser adquirido a través de la dieta, pertenece a la familia de los omega 6.

El ácido linoleico presenta efectos positivos en la reducción de la presión arterial, del riesgo cardiovascular y de los niveles de grasa corporal;

aumenta las defensas, ayuda a controlar el colesterol y los triglicéridos e interviene en el buen funcionamiento del sistema nervioso y visual (12).

Los aceites vegetales como el aceite de soja, canola, algodón, borraja, linaza y girasol forman parte de las principales fuentes naturales de Ácido Linoleico.

Figura 4. Estructura del ácido linoleico (LA)



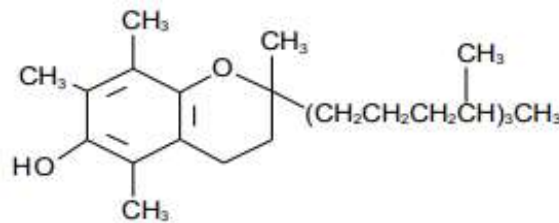
2.6 Vitamina E

La vitamina E es un antioxidante liposoluble importante en la dieta humana, se localiza en las partes ricas en lípidos de la célula (membranas celulares y tejidos ricos en grasas), tiene un papel importante en la protección de los ácidos grasos poli-insaturados frente al daño oxidativo. Forma parte de los poliprenoides y se encuentra conformado por 8 isómeros, 4 tocoferoles (α -tocoferol, el β -tocoferol, el γ -tocoferol y el δ -tocoferol) y 4 tocotrienoles (α -tocotrienol, el β -tocotrienol, el γ -tocotrienol y el δ -tocotrienol), estos se caracterizan por tener un anillo aromático (cromano) con un grupo hidroxilo y una cadena poliprenoide, si la cadena es saturada los isómeros serán los tocoferoles y si la cadena es insaturada serán los tocotrienoles, cada uno de estos isómeros tiene una propiedad biológica determinada, siendo el α -tocoferol su representante más importante.

Presenta efectos positivos en la buena salud, debido a propiedades antioxidantes inhibiendo la oxidación de ácidos grasos poliinsaturados y oxidación del colesterol de las lipoproteínas de baja densidad (LDL), también presenta actividad antiinflamatoria y cardioprotectora (13).

Las principales fuentes de vitamina E son los alimentos de origen vegetal (lechuga, espinaca, brócoli), en las semillas, leche, huevo o queso.

Figura 5. Estructura del alfa-tocoferol



2.7 Antioxidantes artificiales (BHT y BHA)

Los antioxidantes son compuestos aromáticos que poseen al menos un grupo hidroxilo, amino o tiol unido a un anillo bencénico; se usa en la conservación de alimentos debido a que retardan el deterioro, la rancidez y la decoloración causados por la auto oxidación. En la industria alimentaria se prefieren usar antioxidantes sintéticos debido a su alto grado de estabilidad, ventaja y eficacia económica frente a los naturales.

La oxidación del aceite genera un grave problema en la industria alimentaria. El deterioro del aceite puede ocurrir por medio de la hidrólisis

del enlace éster (rancidez hidrolítica), o por auto oxidación de los ácidos grasos insaturados por oxígeno atmosférico (rancidez oxidativa).

El Butilhidroxitolueno (BHT) y Butilhidroxianisol (BHA), son compuestos fenólicos sintéticos muy solubles en grasas e insolubles en agua, el BHA se encuentra disponible como hojuelas cerosas verdes y el BHT como un compuesto cristalino blanco, ambos se usan como antioxidantes generalmente juntos variando sus porcentajes (14).

Figura 6. Estructura del butilhidroxianisol (Mezcla del 2-tert-butil-4-hidroxianisol y del 3-tert-butil-4-hidroxianisol) BHA

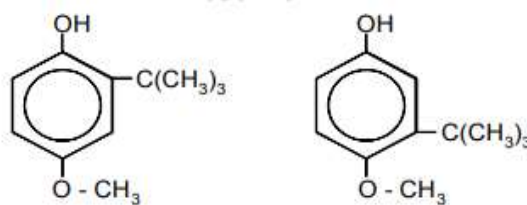
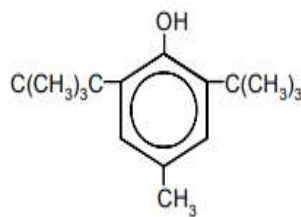


Figura 7. Estructura del butilhidroxitolueno (BHT)



III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Realizar mezclas proporcionales de Aceite de Pescado Refinado y Aceite de Sacha Inchi con la finalidad de aprovechar sus componentes nutricionales, para seleccionar una mezcla que permita ser empleada como ingrediente en nuestra dieta. La mezcla escogida deberá tener alto contenido de EPA y DHA principalmente pero también de ALA, LA y vitamina E, el tiempo de vida útil deberá ser aceptable, además estos valores deben estar dentro de lo permitido por las Normas de Procedimientos Operacionales de Calidad y la Norma Técnica Peruana.

3.2 Objetivos Específicos

- Realizar análisis fisicoquímicos a las muestras de Aceite de Pescado Refinado y Aceite de Sacha Inchi.
- Determinar el perfil de ácidos grasos a las muestras de Aceite de Pescado Refinado y Aceite de Sacha Inchi.
- Determinar el contenido de vitamina E del Aceite de Sacha Inchi.
- Determinación de la estabilidad oxidativa a las muestras de Aceite de Pescado Refinado y Aceite de Sacha Inchi.
- Realizar las mezclas proporcionales (blends) de ambos aceites.
- Realizar análisis fisicoquímicos, perfil de ácidos grasos y determinación de la estabilidad oxidativa a los blends.

- Escoger el blend que presente un alto contenido de EPA y DHA principalmente, pero también de ALA, LA y vitamina E, el tiempo de vida útil deberá ser aceptable, además estos valores deben estar dentro de lo permitido.

IV. METODOLOGÍA

4.1 Muestras

Aceite de Pescado Refinado – APR (1 litro)

El Aceite de Pescado Refinado se obtuvo tras un proceso de blanqueamiento, desodorización, decoloración y concentración de ácidos grasos y eliminación de impurezas del aceite de pescado crudo obtenido del proceso de producción a escala industrial.

Aceite de Sacha Inchi – ASI (1 litro)

El Aceite de Sacha Inchi se obtuvo por prensado mecánico en frío de las semillas de Sacha Inchi.

4.2 Equipos

- Balanza semianalítica “Mettler Toledo – 204”
- Cocinilla eléctrica
- Colorímetro Gardner “Lovibond – 254”
- Baño maría marca “Lab Companion – BW 2C”
- Cromatógrafo de Gases acoplado al detector FID marca “Scion - Instrument 436 - GC”
- Refrigeradora “Boch – 765”
- Refractómetro “Kern ORT-1”
- Rancimat “Metrohm – 473”
- Cromatógrafo HPLC acoplado al detector de fluorescencia “Varian – 210”

4.3 Materiales

- Micro pipetas de 10 - 100 μ l
- Micro pipetas de 0.5 - 5 ml
- Micro pipetas de 100 - 1000 μ l
- Vasos de precipitado 250 ml
- Matraces Erlenmeyer de 125 ml.
- Baguetas
- Gotero
- Buretas de 50 ml (precisión 0.05 ml)
- Tubos de vidrios de 16*125 mm con tapa.
- Pipetas graduadas de 10 ml.
- Picnómetro de 10 ml

4.4 Reactivos

- Alcohol etílico 96% Alkofarma
- Fenolftaleína 1% Merck
- Cloroformo 99,0 % Merck
- Ioduro de potasio 99.9 % Merck
- Tiosulfato de sodio 97% Merck
- Solución de almidón al 1 % Merck
- Hidróxido de sodio 0.1N Lobal
- Tetracloruro de carbono Merck

- Gas nitrógeno
- Gas helio
- Gas hidrógeno
- Aire sintético
- Tricloruro de iodo Merck
- Acido acético glacial 99% Merck

4.5 Análisis Físicoquímicos

Para los análisis físicoquímicos se hicieron uso de las normas técnicas operacionales de calidad 312.002:1980 (15).

4.5.1 Índice de Acidez

Consiste en la determinación de ácidos grasos libres presentes en aceites o grasas como resultado de la hidrólisis, descomposición y oxidación de los ácidos grasos, se lleva a cabo neutralizando los ácidos grasos libres con una solución alcalina.

Procedimiento:

Pesar 3 gr de la muestra previamente homogenizada y colocar en un matraz, adicionar 50 ml de alcohol neutralizado caliente (50°C) y agregar 3 gotas de fenolftaleína.

Titular con NaOH 0,1N, agitando hasta la aparición del color rosado permanente.

Calculo:

$$\% \text{ Ácidos grasos libres} = \frac{V \text{ NaOH ml} * \frac{eq}{L} * \frac{1 L}{1000 ml} * \frac{282 g}{eq} * 100}{Pm}$$

V: Volumen gastado de NaOH

Pm: Peso de la muestra

Masa molar del ácido oleico: 282 (g/mol)

4.5.2 Índice de Peróxidos

Consiste en la determinación del grado de oxidación inicial del aceite, mediante la reacción del grupo peróxido con el yoduro de potasio, formando un alcohol e iodo elemental, se expresa como mili equivalentes de oxígeno en un kilo de muestra. Los peróxidos o compuestos de oxidación que se forman en las primeras etapas de la rancidez oxidativa como consecuencia de la exposición del aceite a luz y calor, a medida que aumenta la formación de estos compuestos el olor del aceite se va tornando más rancio.

Procedimiento:

Pesar 5 gr de la muestra en un matraz, agregar 30 ml de cloroformo/ácido acético (1:3), disolver la muestra, agregar 0,5 ml de solución recién preparada de KI saturada, agitar y agregar 30 ml de agua.

Titular el Iodo liberado con $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N agitando hasta la decoloración, agregar 0,5 ml de solución de almidón y continuar titulando hasta la desaparición del color azul.

Calculo:

$$\text{Índice de peróxido} = \frac{V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 * N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{(\text{peso de la muestra}) * \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}}}$$

V Na₂S₂O₃: Volumen de Na₂S₂O₃ (ml)

N Na₂S₂O₃: Normalidad de Na₂S₂O₃ (meq/ml)

4.5.3 Índice de Refracción

Definido como la razón de la velocidad de la luz en el aire respecto a la velocidad de la luz en el aceite, es un indicador de la pureza del aceite, se encuentra relacionado con las posiciones cis/trans en los dobles enlaces de los ácidos grasos.

Procedimiento:

Colocar 2 gotas de la muestra en el prisma inferior del refractómetro, ajustar la luz al máximo de iluminación y leer la índice refracción anotando la temperatura.

4.5.4 Índice de Iodo

Consiste en determinar el grado de instauración de un aceite, midiendo la cantidad de enlaces dobles capaces de reaccionar con un halógeno, se expresa como gramos de iodo que reaccionan con los dobles enlaces en 10 gramos de aceite.

Procedimiento:

Solución de Wijs: Disolver 8 g de tricloruro de iodo en 200 ml de ácido acético glacial y mezclar con 9 g de iodo disuelto en 400 ml de ácido acético glacial.

Pesar 0,5 g de muestra en un matraz con tapa de 250 ml, agregar 10 ml de tetracloruro de carbono, agregar 25 ml de la solución de Wijs, agitar y dejar reposar en un lugar oscuro por 30 min.

Agregar 10 ml de KI al 15 %, agitar y agregar 100 ml de agua destilada.

Titular lentamente con $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.1 N hasta la decoloración, añadir 3 gotas de almidón al 1% y continuar con la titulación hasta la desaparición del color azul.

Calculo:

$$\text{Indice de iodo} = (\text{Titulo del blanco} - \text{Titulo de la muestra}) \frac{N * 0.127 * 100}{m}$$

Masa molar del iodo = 127 g

N = Normalidad de la solución del $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Densidad

Pesar un picnómetro de 10 ml vacío, llenarlo con agua cuidando que no queden burbujas al interior, colocar la tapa de forma que el capilar quede lleno, secar el exceso de agua con papel toalla y llevar a baño maría a 25°C por 30 minutos.

Retirar del baño maría, secar y pesar. Repetir este procedimiento con la muestra.

Realizado a 25°C

Calculo:

$$\begin{aligned} & \text{Densidad relativa} \\ & = \frac{(\text{Peso del picnometro} + \text{muestra}) - (\text{Peso del picnometro})}{(\text{Peso del picnometro} + \text{agua}) - (\text{Peso del picnometro})} \end{aligned}$$

4.5.5 Color Gardner

Es una escala de colores usada para clasificar el color de los líquidos, aceites, barnices y resinas. El color del líquido se determina por comparación con un estándar conocido y predeterminado.

Procedimiento:

Colocar 10 ml de muestra en la celda de vidrio, colocarlo en el colorímetro Gardner y tomar el valor directo.

4.6 Perfil de Ácidos Grasos

Consiste en determinar el porcentaje de ácidos grasos en la muestra de aceite.

4.6.1 Preparación de esteres metílicos

Pesar 25 mg de muestra en un tubo de ensayo, agregar 1,5 ml de NaOH 0.5 M en metanol, eliminar el oxígeno con nitrógeno, tapar herméticamente y mezclar bien, llevar a baño maría a 100°C por 5 minutos y dejar enfriar a temperatura ambiente.

Agregar 2 ml de trifluoruro de boro al 12 % en metanol, eliminar el oxígeno con nitrógeno, tapar herméticamente y mezclar bien, llevar a baño maría a 100 °C por 30 minutos y dejar enfriar a 30 o 40 °C.

Agregar 1 ml. de isooctano, eliminar el oxígeno con nitrógeno, tapar herméticamente y mezclar bien.

Agregar 5 ml. de solución saturada de NaCl, eliminar el oxígeno con nitrógeno, tapar el tubo herméticamente y mezclar bien, dejar enfriar a temperatura ambiente y esperar a que se separen las dos fases.

Una vez separada la fase orgánica colocarla en un tubo vacío (muestra orgánica), eliminar el oxígeno con nitrógeno y tapar herméticamente.

Volver a agregar 1 ml. de isooctano a la muestra, tapar el tubo herméticamente y mezclar bien, esperar a que se separen las dos fases

Separar la fase orgánica y colocar al tubo que contienen la muestra orgánica y mezclar

Concentrar la muestra orgánica hasta 2 ml con nitrógeno y tapar el tubo herméticamente.

4.6.2 Cromatografía de Gases

Colocar el extracto en el cromatógrafo para su posterior lectura.

Se utilizó He como gas portador a una velocidad de flujo de 30 ml/min y a una presión de 261 kPa, el volumen de inyección fue de 1µL.

La columna cromatografía que se usa para este análisis es de sílice SP RtTM-2560 (100m x 0.25 mm con 0.25µ film).

4.7 Determinación de Vitamina E

El contenido de tocoferoles presentes en el aceite, se determinó mediante cromatografía HPLC acoplado a un detector de fluorescencia con longitud de onda de excitación de 290 nm y de emisión de 330 nm.

Se utilizó la columna Varían Microsorb 250 x 4,6 mm, el tamaño de partícula fue alrededor de 5 µm y la fase móvil utilizada fue hexano - isopropanol 99,5 - 0,5, con un caudal de 1,4 mL/min.

El contenido de tocoferoles se expresó en ppm.

4.8 Estabilidad Oxidativa

4.8.1 Índice de estabilidad oxidativa

Consiste en la determinación del tiempo de vida útil de los aceites haciendo uso del equipo Rancimat, este proceso se basa en la descomposición de la muestra mediante su exposición a altas temperaturas y a un flujo de aire, los compuestos volátiles que se van formando son retenidos en un recipiente con agua destilada y se va registrando la conductividad eléctrica, este cambio representa el tiempo en el que permanece estable el aceite a cierta temperatura.

Procedimiento:

Pesar de 2,5 a 3,0 g aceite en los tubos de reacción del equipo Rancimat. Someter las muestras a oxidación a las temperaturas de 70 y 80°C bajo corriente de aire con un caudal de 20 L/h. Realizar cada determinación por triplicado.

4.8.2 Tiempo de vida a 25 °C

Para la determinación de la vida útil realizar la extrapolación a 25°C estableciendo una relación entre los resultados del índice de estabilidad oxidativa y la temperatura (70 y 80°C).

El software utilizado hace uso de la siguiente ecuación.

Calculo:

$$\text{Log (IEO)} = A + BT$$

IEO: Índice de estabilidad oxidativa

A: Constante

T: Temperatura

B: Contante

4.9 Preparación de mezclas proporcionales (Blends)

Preparar 5 muestras de 100 ml, mezclando diferentes proporciones de Aceite de Pescado y Aceite de Sacha Inchi, agitar suavemente hasta su completa homogenización.

Tabla 1: Mezclas proporcionales de aceites

| | Aceite de Pescado Refinado | Aceite de Sacha Inchi |
|------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| Muestra 1 | 95 % | 5 % |
| Muestra 2 | 90 % | 10 % |
| Muestra 3 | 80 % | 20 % |
| Muestra 4 | 70 % | 30 % |
| Muestra 5 | 60 % | 40 % |

4.10 Adición de antioxidantes

Adicionar BHT + BHA (antioxidante sintético) a la muestra que presente mayor contenido de EPA, DHA y ALA para extender su tiempo de vida útil.

Adicionar una mezcla de 16.5 % de BHT y 5 % de BHA a una concentración de 200 ppm y mezclar.

V. RESULTADOS

5.1 Aceite de Pescado Refinado y Aceite de Sacha Inchi

5.1.1 Análisis Físicoquímicos

Cada análisis físicoquímico fue realizado por triplicado y los resultados se muestran con su desviación estándar.

Tabla 2. Análisis físicoquímicos en aceites

| | Aceite de Pescado Refinado APR | Aceite de Sacha Inchi ASI |
|----------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| Índice de Acidez | 1.56 ± 0.019 | 1.03 ± 0.028 |
| Índice de Peróxidos | 4.79 ± 1.002 | 5.0 ± 1.001 |
| Índice de Refracción | 1.471 ± 0.018 | 1.479 ± 0.021 |
| Índice de Iodo | 170.10 ± 3.054 | 163.08 ± 2.079 |
| Densidad | 0.921 ± 0.02 | 0.927 ± 0.001 |
| Color Gardner | 5 | 6 |

5.1.2 Perfil de Ácidos Grasos

Tabla 3. Perfil de ácidos grasos en aceites en porcentajes.

| FORMULA | ACIDOS GRASOS | Aceite de Pescado Refinado APR | Aceite de Sacha Inchi ASI |
|------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| C 14:0 | Mirístico | 6.20 | 0.1 |
| C 16:0 | Palmítico | 15.45 | 10.83 |
| C 18:0 | Esteárico | 3.4 | 4.16 |
| C 8:1 ω-9 | Oléico | 3.1 | 9.4 |
| C 18:2 ω-6 | Linoleico - LA | 1.58 | 26.05 |
| C 18:3 ω-3 | Alfa- Linolénico - ALA | 1.19 | 43.17 |
| C 20:0 | Araquídico | 1.62 | 0.3 |
| C 20:5 ω-3 | Eicosapentaenoico - EPA | 36.5 | 0.37 |
| C 22:6 ω-3 | Docosahexaenoico - DHA | 26.8 | 0.14 |

5.1.3 Determinación de vitamina E

Tabla 4. Vitamina E en aceite de Sacha Inchi

| | |
|-------------------|----------------------------------|
| | Aceite de Sacha Inchi ASI |
| Vitamina E | 170.01 ppm |

5.1.4 Estabilidad oxidativa

Tabla 5. Tiempo de vida útil en aceites

| | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| | Aceite de Pescado Refinado APR | Aceite de Sacha Inchi ASI |
| Tiempo de vida útil (25 °C) | 9.47 días | 47.7 días |

5.2 Blends

5.2.1 Análisis Físicoquímicos

Cada análisis físicoquímico fue realizado por triplicado y los resultados se muestran con su desviación estándar.

Tabla 6. Análisis físicoquímicos de los blends

| | Muestra 1 APR - ASI 95 % - 5 % | Muestra 2 APR - ASI 90 % - 10 % | Muestra 3 APR - ASI 80 % - 20 % | Muestra 4 APR - ASI 70 % - 30 % | Muestra 5 APR - ASI 60 % - 40 % |
|----------------------|--|---|---|---|---|
| Índice de Acidez | 1.54 ± 0.19 | 1.536 ± 0.13 | 1.501 ± 0.17 | 1.418 ± 0.09 | 1.399 ± 0.01 |
| Índice de Peróxidos | 4.77 ± 0.10 | 4.79 ± 0.09 | 4.79 ± 0.04 | 4.801 ± 0.12 | 4.817 ± 0.10 |
| Índice de Refracción | 1.472 ± 0.21 | 1.470 ± 0.22 | 1.468 ± 0.13 | 1.468 ± 0.25 | 1.469 ± 0.17 |
| Índice de Iodo | 169.6 ± 1.2 | 169.2 ± 1.18 | 168.7 ± 1.12 | 168.4 ± 1.21 | 168.2 ± 1.15 |
| Densidad | 0.921 ± 0.01 | 0.922 ± 0.07 | 0.923 ± 0.02 | 0.921 ± 0.06 | 0.923 ± 0.01 |
| Color Gardner | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |

5.2.2 Perfil de Ácidos Grasos

Tabla 7. Perfil de ácidos grasos en los blends en porcentajes.

| FORMULA | ACIDOS GRASOS | Muestra 1 APR - ASI 95 % - 5 % | Muestra 2 APR - ASI 90 % - 10 % | Muestra 3 APR - ASI 80 % - 20 % | Muestra 4 APR - ASI 70 % - 30 % | Muestra 5 APR - ASI 60 % - 40 % |
|------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| C 14:0 | Mirístico | 5.89 | 5.59 | 4.98 | 4.37 | 3.76 |
| C 16:0 | Palmítico | 15.2 | 14.99 | 14.53 | 14.06 | 13.60 |
| C 18:0 | Esteárico | 3.44 | 3.48 | 3.55 | 3.63 | 3.70 |
| C 8:1 ω-9 | Oléico | 3,41 | 3.73 | 4.36 | 4.99 | 5.62 |
| C 18:2 ω-6 | Linoleico - LA | 2.80 | 4.03 | 6.47 | 8.92 | 11.37 |
| C 18:3 ω-3 | Alfa- Linolénico - ALA | 3.29 | 5.39 | 9.59 | 13.78 | 17.98 |
| C 20:0 | Araquídico | 1.55 | 1.49 | 1.35 | 1.22 | 1.09 |
| C 20:5 ω-3 | Eicosapentaenoico - EPA | 34.69 | 32.89 | 29.27 | 25.66 | 22.05 |
| C 22:6 ω-3 | Docosahexaenoico - DHA | 25.47 | 24.13 | 21.47 | 18.80 | 16.14 |

5.2.3 Determinación de vitamina E

Tabla 8. Vitamina E en los blends

| | Muestra 1 APR - ASI 95 % - 5 % | Muestra 2 APR - ASI 90 % - 10 % | Muestra 3 APR - ASI 80 % - 20 % | Muestra 4 APR - ASI 70 % - 30 % | Muestra 5 APR - ASI 60 % - 40 % |
|------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Vitamina E (ppm) | 71.74 | 74.28 | 81.30 | 92.08 | 97.24 |

5.2.4 Estabilidad oxidativa

Tabla 9. Tiempo de vida útil en los blends

| | Muestra 1 APR - ASI 95 % - 5 % | Muestra 2 APR - ASI 90 % - 10 % | Muestra 3 APR - ASI 80 % - 20 % | Muestra 4 APR - ASI 70 % - 30 % | Muestra 5 APR - ASI 60 % - 40 % |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Tiempo de vida útil (25 °C) | 9,58 días | 10.6 días | 18.05 días | 29.98 días | 40.90 días |

5.2.5 Estabilidad oxidativa del blend optimo con adición de antioxidante

Tabla 10. Tiempo de vida útil del blend optimo con antioxidante

| | Muestra 4 APR - ASI 70 % - 30 % | Muestra 4 + BHT +BHA |
|---------------------|---|-----------------------------------|
| Tiempo de vida útil | 29.98 días | 120.8 días |

VI. DISCUSIÓN

6.1 Resultados de los análisis del Aceite de Pescado Refinado y del

Aceite de Sacha Inchi

Los resultados de los análisis fisicoquímicos presentes en la tabla 2, para el APR (Aceite de Pescado Refinado) y como para el ASI (Aceite de Sacha Inchi) se encuentran por debajo de los valores permitidos para cada uno de ellos, en el caso del APR se basa en las NPO (Normas de Procedimientos Operacionales) 312.002:1980 (15) de Calidad y en el caso del ASI en la NTP (Norma Técnica Peruana) 151.401:2012 (16) . Estos resultados indican que ambos aceites son de buena calidad.

Los Índices de Acidez obtenidos del APR y del ASI fueron 1.56 ± 0.019 y 1.03 ± 0.028 respectivamente, en ambos casos los valores se encuentran por debajo del límite máximo establecido, en el APR la NPO indica un valor máximo de 3 % (Anexo 15) y en el ASI la NTP indica un valor máximo de 2 % (Anexo 16); estos resultados indican que el contenido de ácidos grasos libres en ambos aceites es bajo.

Los Índices de Peróxidos obtenidos del APR y del ASI fueron 4.79 ± 1.002 y 5.0 ± 1.001 meq de O_2 / Kg aceite respectivamente, en ambos casos los valores se encuentran por debajo del límite máximo establecido, en el APR la NPO indica un valor máximo de 5 meq de O_2 / Kg (Anexo 15) y en el ASI la NTP que indica un valor máximo de 6 meq de O_2 / Kg (Anexo 16); estos resultados indican que ambos aceites son estables ya que el grado de oxidación inicial se mantienen aceptable.

Los índices de Refracción obtenidos del APR y del ASI fueron 1.471 ± 0.018 y 1.479 ± 0.021 respectivamente, en ambos casos los valores se encuentran dentro del intervalo permitido, en el APR la NPO indica que valor debe estar entre 1,470 – 1,477 (Anexo 15) y en el ASI la NTP indica que valor debe estar entre 1,450 – 1,456 (Anexo 16); estos resultados indican que ambos aceites presentan un grado de pureza aceptable.

Los índices de Iodo obtenidos del APR y del ASI fueron 170.10 ± 3.054 y 163.08 ± 2.079 g de I₂/ 100 g aceite respectivamente, en ambos casos los valores se encuentran dentro del intervalo permitido, tanto la NPO como la NTP indica que el valor debe estar entre 160 – 200 gr de I₂ en 100 gr de aceite (Anexo 15 y 16), estos resultados indican que ambos aceites son estables ya que las instauraciones en los ácidos grasos aún se mantienen.

Las densidades obtenidas del APR y del ASI fueron 0.921 ± 0.02 y 0.927 ± 0.001 g/ml respectivamente, en ambos casos los valores se encuentran dentro del intervalo permitido, en el APR la NPO indica que valor debe estar entre 0,92 y 0,93 g/ml de (Anexo 15) y en el ASI la NTP indica que valor debe estar entre 0,926 – 0,931 g/ml (Anexo 16); estos resultados indican que ambos aceites mantienen su calidad, se sabe que mientras más larga sea la cadena del ácido graso y esta tenga más instauraciones mayor será la densidad.

El color Gardner del APR y del ASI fueron 5 y 6 respectivamente, en ambos casos el valor se encuentra por debajo del límite máximo permitido, en el APR en la NPO indica un valor máximo de 6 (Anexo 15) y en el ASI la NTP indica un valor máximo de 8 (Anexo 16); estos resultados indican que el proceso de obtención de ambos aceites fue correcto y que ambos poseen un color amarillo claro.

El perfil de ácidos grasos del APR presente en la tabla 3, indica un 36.5 % EPA, 26.8 % de DHA, 1.58% de LA y 1.19 de ALA, esto confirma la presencia de un alto porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 de origen animal como EPA y DHA.

El perfil de ácidos grasos del ASI presente en la tabla 3, indica un 0.37 % EPA, 0.14 % de DHA, 26.05 % de LA y 43.17 % de ALA, esto confirma la presencia de un alto porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 de origen vegetal como ALA, también indica un alto porcentaje de ácidos grasos omega 6 (LA).

Tomando en cuenta los perfiles de ácidos grasos del APR y del ASI se pensó realizar las mezclas proporcionales con la finalidad de aprovechar sus componentes nutricionales.

El resultado de vitamina E determinado en el ASI presente en la tabla 4 es 170.01 ppm, esto indica un alto contenido de alfa tocoferol, el cual es un agente antioxidante natural que ayuda a mantener el tiempo de vida útil del aceite,

La estabilidad oxidativa del APR y del ASI indican que el tiempo de vida útil es de 9.47 días y 47.7 días respectivamente, esta diferencia se debe a que el ASI posee un alto contenido de vitamina E el cual aumenta su tiempo de vida útil, también esta diferencia nos lleva a pensar que una mezcla entre ambos aceites nos daría un tiempo de vida aceptable que posteriormente podríamos alargar con la adición de antioxidantes.

6.2 Resultados de los análisis de los blends

Los resultados de los análisis fisicoquímicos presentes en la tabla 6, dentro de los valores permitidos para cada uno de ellos, en el caso del APR se basa en las NPO (Normas de Procedimientos Operacionales) de Calidad y en el caso del ASI en la NTP (Norma Técnica Peruana) 151.401:2012 (revisada el 2018). Estos resultados indican que las 5 mezcla son de buena calidad, lo que indica que no es un criterio de discriminación de las mezclas.

En los resultados del perfil de ácidos grasos de cada mezcla presentes en la tabla 7, se observa que las muestras 4 y 5 tienen alto contenido de EPA, DHA, ALA y LA, para la elección del blend óptimo se priorizó la muestra 4 ya es la que posee mayor porcentaje de EPA (25.66%) y DHA (18.80%), el aceite de pescado es la mayor fuente de estos ácidos grasos omega 3 de origen animal, en cambio el ALA al ser un omega 3 de origen vegetal este se puede encontrar en una gran variedad de semillas y el LA al ser un omega 6 se encuentre en grasas y aceites de origen animal y vegetal. Otra razón por la que se prioriza el mayor porcentaje

de EPA y DHA es el precio de los aceites, el APR tiene un costo de 2 \$ y el ASI 2,5 \$ por kilo.

Los resultados de la vitamina E presentes en la tabla 8 indican que las 5 mezclas presentan un alto porcentaje de alfa tocoferol y a medida que el porcentaje de ASI aumenta también aumenta el contenido de vitamina E.

Los resultados de la estabilidad oxidativa presentes en la tabla 9 indican que a medida que aumenta en porcentaje de ASI también aumenta el tiempo de vida útil, esto debido al aumento de vitamina E en la mezcla.

El resultado de la estabilidad oxidativa del blend optimo presente en la tabla 10 indica que la adición del antioxidante compuesto por 16.5 % de BHT y 5 % de BHA a concentración 200 ppm aumenta el tiempo de vida útil de 29.98 a 120.8 días.

Los bachilleres Natalia Ardiles Falcón y Vanessa Mozo Malca realizaron la tesis titulada “Determinación del tiempo de vida útil del aceite crudo de pescado usando antioxidantes sintéticos y naturales mediante uso del Rancimat”, en el cual se menciona el uso de varios antioxidantes para alargar el tiempo de vida útil del aceite de pescado crudo, este es un estudio bastante similar debido al uso de antioxidantes y equipo Rancimat (17).

Los bachilleres Fiorella Alonso Rossel y Alexander Chuqui Diestra realizaron la tesis titulada “efecto de la mezcla de aceite semi refinado de pescado (*engraulis ringens*) con aceite de oliva (*olea europaea*) en su estabilidad oxidativa y características fisicoquímicas” en el cual se

determina la estabilidad oxidativa y las características fisicoquímicas de una mezcla de aceite de pescado refinado y aceite de oliva, es estudio es muy parecido ya que añade un aceite vegetal al aceite de pescado refinado y realiza pruebas similares (18).

VII. CONCLUSIONES

- Las propiedades fisicoquímicas evaluadas en el APR y en el ASI se encontraron dentro de los parámetros permitidos en la NPO y en la NTP respectivamente.
- El APR presenta mayor porcentaje de EPA 36.5% y de DHA 26.8 %
- El ASI presenta mayor contenido de LA 26.05%, ALA 43.17 % y vitamina E 170.01 ppm.
- El tiempo de vida útil es mayor en el ASI 47.7 días.
- La mezcla proporcional óptima fue la muestra 4 (APR 70 % y ASI 30 %), ya que es la que presenta mayor cantidad de EPA (25.66%), DHA (18.80 %), ALA (13.78%). Vitamina E (170.01 ppm) y de vida útil (29.98 días).
- La adición de antioxidante BHT + BHA incremento la vida útil de nuestro blend en un 300%.
- Este proyecto crearía mucho valor para la empresa ya que se sumaría a la cartera de productos enriquecidos con EPA y DHA.
- Los conocimientos adquiridos durante la carrera de Química fueron fundamentales para el desarrollo de este proyecto y también para poder visualizar otras alternativas.

VIII. RECOMENDACIONES

- Este trabajo servirá como base para futuras investigación que tengan por objetivo desarrollar productos con inclusión de EPA y DHA.
- La microencapsulación sería una técnica ideal para incluir este blend en productos de consumo masivo tanto líquidos como sólidos.
- A futuro se pueda adicionar antioxidantes naturales y realizar las pruebas de estabilidad, para ver si se logra extender aún más el tiempo de vida útil.
- Una correcta difusión sobre los beneficios que trae el consumo de este blend a nuestra salud ayudaría al éxito de este producto en el mercado de los aceites comestibles.
- Como país productor de harina y aceite de pescado, promover y difundir el consumo de EPA y DHA.
- Realizar estudios con otros aceites vegetales que tengan alto contenido de ALA y vitamina E
- Continuar el estudio de estas mezclas proporcionales con el objetivo de determinar la dosis adecuada de acuerdo a la edad y condición de salud.
- Se recomienda incluir en la malla curricular de la carrera de Química un curso cuyo contenido incluya temas como desarrollo sostenible, preservación del medio ambiente a nivel industrial, procedimientos de buena fabricación como GMP (Good Manufacturing Practices) y / o certificados de otros programas de garantía de calidad como ISO, HACCP, FOS, IFFO, BASC, etc.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. FAO. <http://www.fao.org/>. [Online].; 2019 [cited 2020 Noviembre 12]. Available from: <http://www.fao.org/>.
2. Omega- 3s Always a good ideas. ¿Que son los omegas 3? [Online].; 2020 [cited 2020 octubre 5]. Available from: <https://alwaysomega3s.com/what>.
3. GOED - Global Organization for EPA and DHA Omega 3. Ciencia omega 3. [Online].; 2020 [cited 2020 Noviembre 4. Available from: <https://goedomega3.com/>.
4. TASA -Tecnología de Alimentos S A. Mercado anual del Aceite de Pescado. Boletín Informativo. 2019 Julio- Agosto; 12(3).
5. Aquipesca. ¿Por qué la anchoveta peruana es utilizada para preparados balanceados y no como alimento directo? [Online].; 2019 [cited 2020 Octubre 9]. Available from: <http://acuipesca.com/2019/07/por-que-la-anchoveta-peruana-es-utilizada-para-preparados-balanceados-y-no-como-alimento-directo/>.
6. CFG Investment S.A.C. Manual HACCP. Chimbote: Planta Chimbote CFG , Chimbote; 2019.
7. A. GLRLJ. Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volúbilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. 8th ed. Mexico: Grasas aceites; 2011.
8. IFFO - Organización Internacional de Harina y Aceite de Pescado. Consumo omegas 3. [Online].; 2018 [cited 2020 octubre 4. Available from: <https://www.iffocom.es>.
9. Luz María Paucar-Menacho RSR, Jhoseline Guillén-Sánchez JCRCMR. Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. Scientia Agropecuaria. 2015 Octubre; 6(4).
10. Valenzuela R, Morales G, González M, Morales J, Sanhueza J, Valenzuela A. Ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga ω -3 y enfermedad cardiovascular.. Revista chilena de nutrición. 2014 Marzo; 41(319-327).
11. Barceló-Coblijn G ME. Alpha-linolenic acid and its conversion to longer chain n-3 fatty acids: benefits for human health and a role in maintaining tissue n-3 fatty acid levels.. Scielo. 2009 Junio; 7(74).
12. Mayo clinic. Ácidos grasos omega 6: ¿ enfermedades cardíacas? [Online].; 2018 . [cited 2020 Noviembre 7. Available from: <https://www.mayoclinic.org/es>.
13. Mireya Bravo OP. Vitamina E. Nutrition Reviews. 2010 Agosto; 10(36).

- 14 IFFO - Organización Internacional de Harina y Aceite de Pescado. Antioxidante . artificiales. [Online].; 2018 [cited 2020 Noviembre 28. Available from: <https://www.iffo.com/es>.
- 15 SNP. Normas tecnicas operacionales 312.002:1980. Normas tecnicas operacionales . 312.002:1980. Planta Chimbote, Chimbote; 2018.
- 16 SNP. Norma tecnica peruana 151.401:2012. Norma tecnica peruana 151.401:2012 . sachá inchi (*Plukenetia volubilis L.*). , Lima; 2018.
- 17 Natalia Ardiles Falcón VMM. “DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL . ACEITE CRUDO DE PESCADO USANDO ANTIOXIDANTES SINTÉTICOS Y NATURALES MEDIANTE USO DEL RANCIMAT”. [Online].; 2017 [cited 2020 Octubre 5. Available from: <http://200.37.61.90/bitstream/handle/UNS/2795/42936.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- 18 Fiorella Alonso Rossel ACD. “EFECTO DE LA MEZCLA DE ACEITE SEMI REFINADO DE . PESCADO (*Engraulis Ringens*) CON ACEITE DE OLIVA (*Olea Europaea*) EN SU ESTABILIDAD OXIDATIVA Y CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS”. [Online].; 2019 [cited 2020 Noviembre 4]. Available from: <http://200.37.61.90/bitstream/handle/UNS/3303/49001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

X. ANEXOS

Anexo 1. Anchoveta Peruana (*Engraulis Rigens*)



Anexo 2. Planta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*)



Anexo 3. Semillas de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*)



Anexo 4. Aceite de Pescado Refinado



Anexo 5. Características del Aceite de Pescado Crudo y Aceite de Pescado Refinado

| | Aceite de Pescado Crudo | Aceite de Pescado Refinado |
|--------------|---|---------------------------------------|
| Olor | Muy intenso Característico a pescado | Imperceptible |
| Color | Marrón | Amarillo claro |
| Sabor | Muy intenso Característico a pescado | Imperceptible |
| % EPA | 10 | 39 |
| % DHA | 18 | 29 |

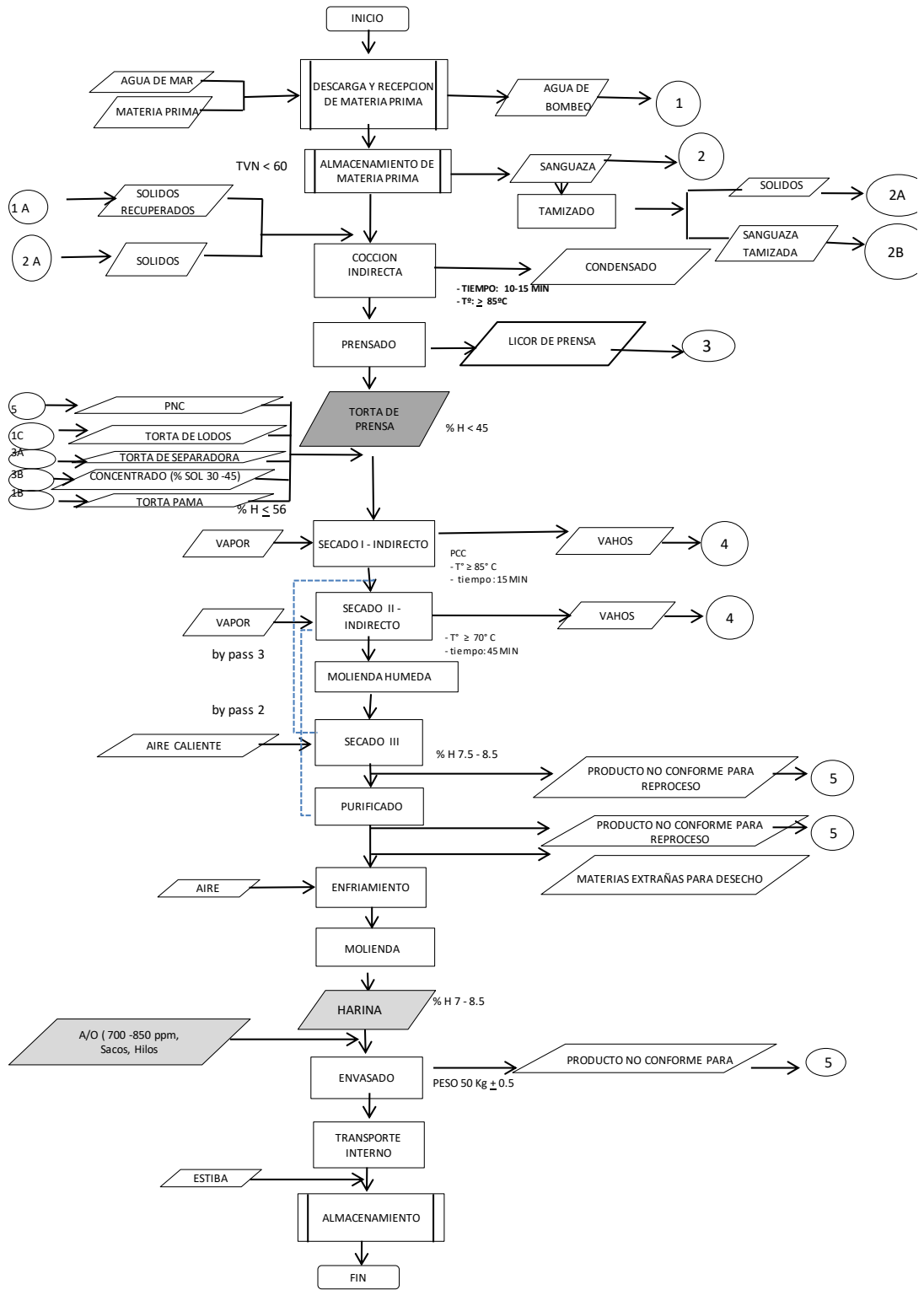
Anexo 6. Aceite de Sacha Inchi

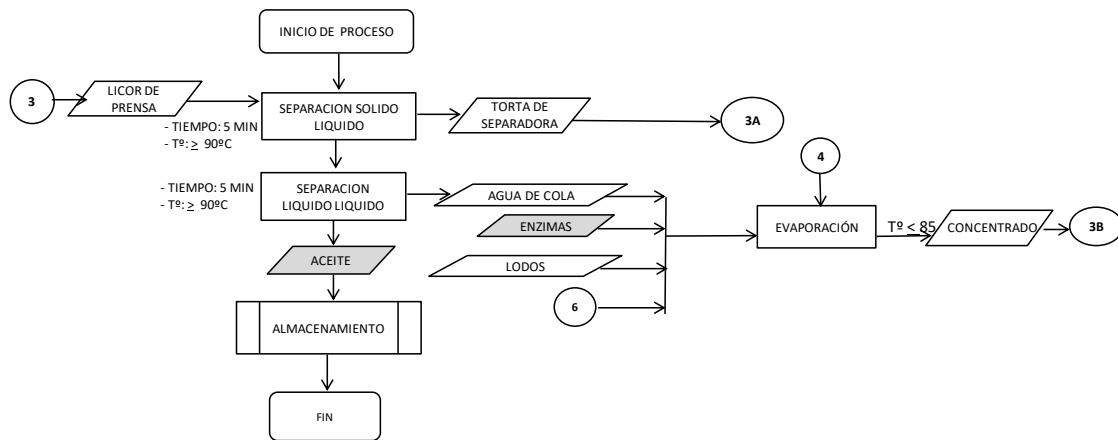


Anexo 7. Características del Aceite de Sacha Inchi

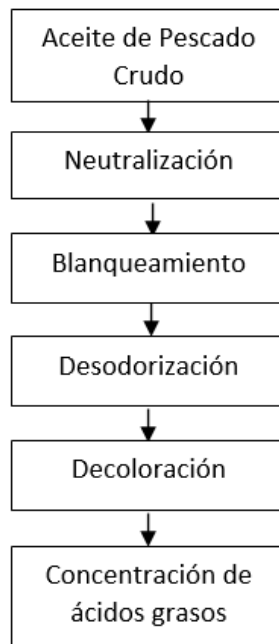
| ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS | | | |
|--|--------|-------------|---------|
| α - LINOLEICO | C18:3 | ω -3 | 47.61 % |
| LINOLENICO | C 18:2 | ω -6 | 36.80 % |
| OLEICO | C 18:1 | ω -9 | 8.4 % |

Anexo 8. Proceso de obtención de Aceite de Pescado

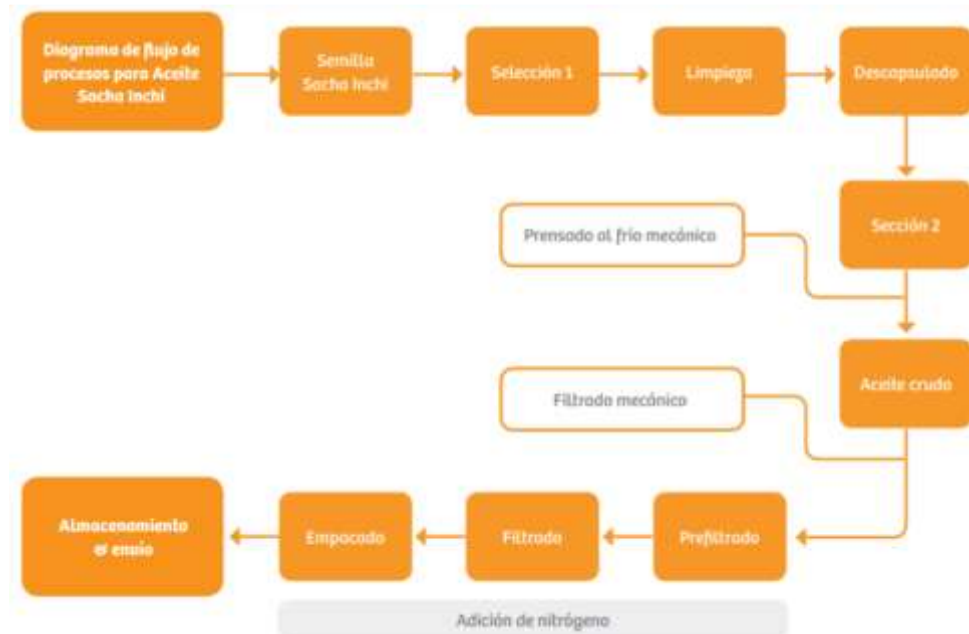




Anexo 9. Proceso de refinación del Aceite de Pescado



Anexo 10. Proceso de obtención de Aceite de Sacha Inchi



Anexo 11. Colorímetro Gardner Lovibond - 254



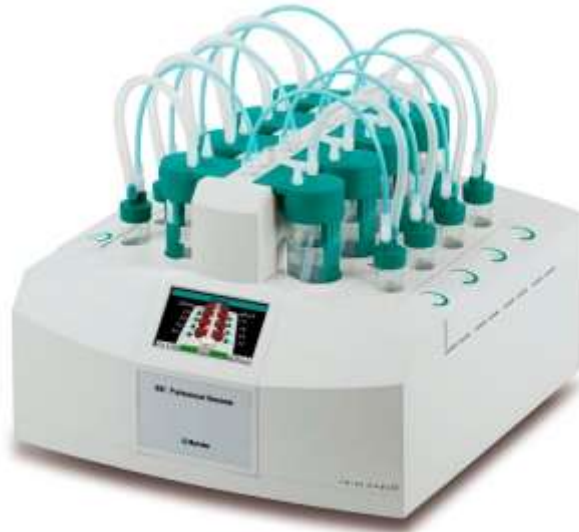
Anexo 12. Cromatógrafo de Gases acoplado al detector FID (Scion-Instrument 436- GC)



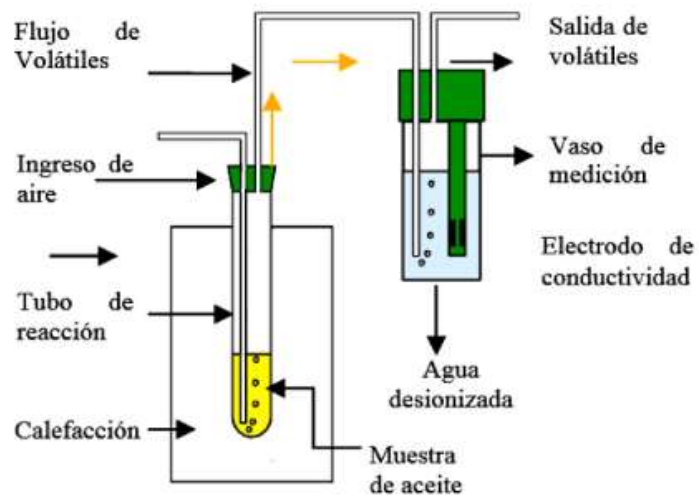
Anexo 13. Cromatógrafo HPLC acoplado a un detector de fluorescencia “Varían 210”



Anexo 14. Equipo Rancimat Metrohm – 473



Anexo 15. Principio del método Rancimat



Anexo 16. NPO (Normas de Procedimientos Operacionales) 312.002:1980 de calidad para el aceite de pescado refinado.

| PARÁMETROS | VALOR |
|------------------------------|----------------------------------|
| Índice de Acidez | Max. 3% |
| Índice de Peróxidos | Max. 5 meq de O ₂ /Kg |
| Índice de Refracción | 1.470 – 1.477 |
| Índice de Iodo (Wijs) | 160 – 200g I ₂ /100g |
| Densidad (25°C) | 0.92 – 0.93 g/ml |
| Color Gardner | Max. 6 |
| EPA | Min. 30 |
| DHA | Min. 20 |

Anexo 17. NTP (Normas Técnica Peruana) 151.401:2012 Aceite de Sacha Inchi

| PARÁMETROS | VALOR |
|------------------------------|----------------------------------|
| Índice de Acidez | Max. 2% |
| Índice de Peróxidos | Max. 6 meq de O ₂ /Kg |
| Índice de Refracción | 1.450 – 1.456 |
| Índice de Iodo (Wijs) | 1 – 200g I ₂ /100g |
| Densidad (25°C) | 0.92 – 0.93 g/ml |
| Color Gardner | Max. 8 |
| Omegas - 3 | Min. 40 |